

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-238312

(43)公開日 平成6年(1994)8月30日

(51) Int.Cl.⁵

B 2 1 B 37/00

識別記号

1 3 2 A 8315-4E

BBL

庁内整理番号

8315-4E

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 OL (全 7 頁)

(21)出題番号

特願平5-29233

(22)出願日

平成5年(1993)2月18日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 大島 和郎

大島 和郎

大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 33 号 住友金
属工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 永井 義久

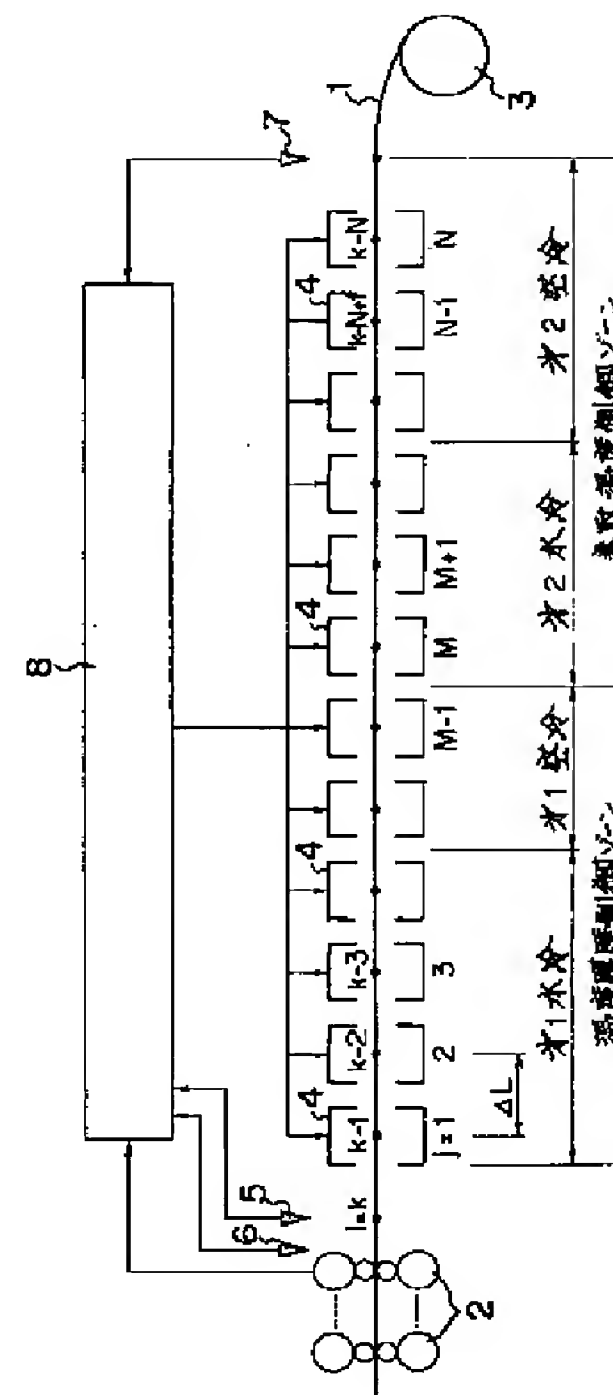
弁理士 永井 義久

(54)【発明の名称】 熱延鋼板の冷却制御方法

(57) 【要約】

【目的】所望の材質を実現するために $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態完了までの温度履歴および巻取温度を一定に制御する。

【構成】冷却帯を前半の温度履歴制御ゾーンと後半の巻取温度制御ゾーンに分ける。温度履歴制御ゾーンにおいては、予測材料速度を用い、予め設定された水冷および空冷時間を確保するように各水冷装置4、4…の開閉パターンを制御する。前記巻取温度制御ゾーンにおいては、目標巻取温度となるための水冷および空冷パターンを計算し、これに基づいて各水冷装置4、4…を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】仕上圧延後の熱延鋼板を巻取装置までの間に多数配置された水冷装置よりなる冷却帯により冷却して巻取るに当り、前記冷却帯の前半部分において、予め熱延鋼板の $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでの水冷および空冷パターンおよび各冷却時間を設定し、予測した材料速度を用いて前記冷却帯上での前記水冷および空冷区間の各冷却時間が確保されるのに必要な各水冷装置の開閉パターンを決定し、前記冷却帯の後半部分において、予測巻取温度が目標巻取温度となるような水冷および空冷パターンおよび各冷却時間を算出し、この水冷および空冷区間の各冷却時間が確保されるのに必要な各水冷装置の開閉パターンを決定し、これら決定した水冷および空冷パターンおよび各冷却時間に従った水冷装置の開閉パターンが実現されるように冷却装置の応答遅れを考慮して指令出力し、熱延鋼板の $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでの温度履歴および巻取温度を一定に保つようにすることを特徴とする熱延鋼板の冷却制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、熱間仕上圧延後の冷却における鋼板温度の制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】たとえば、鋼帯の熱間圧延工程においては、仕上圧延後の熱延鋼板は、仕上圧延機と巻取り装置との間に設けられている冷却装置によって所定温度まで冷却された後、前記巻取り装置に巻き取られている。

【0003】鋼板の熱間圧延においては、前記仕上圧延後の冷却が機械的特性を決定する重要な因子となっている。すなわち、図5に示す連続冷却変態図上で、鋼板温度がどのような温度履歴を辿るかによって金属組織が変化し、その結果製品としての機械的特性が異なってくる。なお、図5において、Fはフェライト、Pはパーライト、Bはベイナイト、Mはマルテンサイト変態をそれぞれ示したものである。

【0004】さらに、巻取り後の冷却速度は、巻取り前に比べて極めて遅くなるため、巻取り時の鋼板温度の違いによっても機械的特性が変化する。

【0005】したがって、目標の機械的特性を有する鋼板を均一に製造するためには、材料の変態過程をシミュレーションする計算モデル等によって、鋼板の変態が完了するまでの目標温度履歴（冷却履歴）と目標巻取温度が、鋼板の全長に渡って実現できるように冷却過程を制御する必要がある。

【0006】この冷却制御は、従来より、仕上圧延機後方に設置した多数の水冷装置（水冷バンク）による鋼板表面への注水をバルブの開閉によりオン・オフすることで行っている。たとえば、板厚、材料速度および巻取温

度等の時々刻々の実測値を計算機に入力するとともに、その演算結果に基づいて、目標巻取温度が実現できるように水冷バンクのオン・オフを制御して行われる。

【0007】しかし、熱延ミルにおいては、通常加速圧延を行うので材料速度が変化するのに加えて、仕上出口温度がスキッドマーク等によって常時変動している。従ってこれらの外乱に対応して温度履歴および巻取温度を精度良く制御することは非常に難しいものとなっている。

【0008】上記外乱に対応して、巻取温度を高精度に制御する方法としては、たとえば特開昭58-221606号公報に開示される制御方法がある。この制御方法は、先ず仕上出側で材料温度、厚みを一定の時間または距離間隔でサンプリング測定し、このサンプリング点が巻取温度計に到達するまでサンプリング点をトラッキングする。そして、現時刻までにサンプリングした全サンプリング点について以下の計算を行う。

【0009】(1) 材料速度を測定して各サンプリング点が1サンプリング周期での移動量を求め、各サンプリング点の位置を現在位置に修正する。

【0010】(2) 各サンプリング点の前のサンプリング時の位置から現在位置までの冷却バンクの実績注水パターンより、水冷の熱伝達率を計算し、これとともに前回サンプリング時の計算材料温度からの温度降下量を求め、当該サンプリング点の現在温度を計算する。

【0011】(3) 仕上圧延機の加速率、減速率および加減速タイミングの設定値より将来の速度変化を予測してこのサンプリング点が巻取温度計に達するまでの各冷却バンクの通過時間を予測する。

【0012】(4) 各水冷バンクの実績注水パターンを入力し、各水冷バンクの通過予測時間を用いて、予測巻取温度を計算する。

【0013】(5) 予測巻取温度が目標温度に一致していなければ、予め定められた注水バンクの優先順位に従い、目標巻取温度になるように、該サンプリング点より下流側にある冷却バンクの予定注水パターンを変更する。

【0014】このようにして得られた全サンプリング点についての注水パターンを必要なタイミングで出力することによって巻取温度を高精度に制御するものである。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】鋼板の冷却においては、仕上圧延後の水冷過程における冷却速度および巻取り時の鋼板温度の双方の制御が重要であるが、前記特開昭58-221606号公報に開示される冷却制御方法は、巻取温度のみを制御することを第一義的に意図したものである。もちろん、冷却帯の中間位置の目標温度を決めることによってある程度温度履歴をも制御できるが、この場合には加速による材料速度の変化により冷却速度が変わってしまい、温度履歴は一定のパターンには

制御できない。

【0016】これを解消するためには、目標中間温度位置を材料速度に応じて与えなければならず、制御方法は極めて複雑になる。

【0017】また、速度変動については予測巻取温度の変化という間接的な形でしか考慮されていないため、減速時等の大きな速度変化があった場合には、これに追従できないという問題がある。

【0018】そこで、本発明に主たる課題は、仕上圧延完了から巻取りまでの間の冷却に当り、鋼帯の温度履歴および巻取温度を一定に保ち、材料の機械的特性の均一化の向上を図るものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】前記課題は、仕上圧延後の熱延鋼板を巻取装置までの間に多数配置された水冷装置よりなる冷却帯により冷却して巻取るに当り、前記冷却帯の前半部分において、予め熱延鋼板の $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでの水冷および空冷パターンおよび各冷却時間を設定し、予測した材料速度を用いて前記冷却帯上での前記水冷および空冷区間の各冷却時間が確保されるのに必要な各水冷装置の開閉パターンを決定し、前記冷却帯の後半部分において、予測巻取温度が目標巻取温度となるような水冷および空冷パターンおよび各冷却時間を算出し、この水冷および空冷区間の各冷却時間が確保されるのに必要な各水冷装置の開閉パターンを決定し、これら決定した水冷および空冷パターンおよび各冷却時間に従った水冷装置の開閉パターンが実現されるように冷却装置の応答遅れを考慮して指令出力し、熱延鋼板の $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでの温度履歴および巻取温度を一定に保つようにすることで解決できる。

【0020】

【作用】本発明においては、冷却帯上での予測材料速度を用いて、変態完了までの温度履歴を制御する部分と、予測巻取温度を目標巻取温度に制御する部分とに分離する。すなわち、水冷帯の全長を使い、速度変化による影響と仕上出口温度変化による影響とを同時に排除するためのバルブの開閉制御は非常に複雑な制御となるため、本願では、鋼板の機械的特性を決定する主な要因は $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでであることに着目し、冷却帯を二つのゾーンに区分し、前半の冷却ゾーンにおいては $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでの冷却を制御し、後半の冷却ゾーンにおいては目標巻取温度となるように水冷および空冷パターンが制御される。

【0021】したがって、設定または算出された目標冷却時間に従って、この冷却時間が確保されるように各水冷装置の開閉パターンが制御される結果、水冷区間および空冷空間の各長さは変化するものの、材料速度による影響は前半冷却ゾーンによって除去され、仕上出口温度変化による影響は後半の冷却ゾーン部分において除去される。

【0022】より具体的には、 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態が完了するまでの冷却制御は、目標水冷時間と目標空冷時間の確保の下に行われる。冷却パターンは、所望の機械特性を実現するために必要な温度履歴を実現するために、先ず予め複数の水冷および空冷の組合せによって、目標水冷時間と目標空冷時間とそのパターンが決定される。なお、ここで前記 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態の完了時期は、変態率計を用いて測定することもできるが、過去の経験と実績により容易におおよその推定が可能であり、水冷時間と空冷時間およびその組合せのパターンについて伝熱モデルによる解析により容易に決定することができる。また、温度履歴の初期値である仕上出口温度はスキッドマーク等の小さな変動を除いて一定の範囲に制御されているものとする。

【0023】一方、巻取温度を一定とするための冷却制御は、伝熱モデルにより計算された鋼板温度が目標巻取温度となるように、水冷バンクの開閉パターンが制御される。

【0024】

【実施例】以下、本発明をさらに具体的に説明する。本発明では、冷却帯の全長を概念上、 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態完了までの温度履歴制御ゾーンと巻取温度制御ゾーンとに分けて、最終的に得られる鋼材の機械的性質を一定にするものであり、前半の温度履歴制御ゾーンにおいては所定の冷却時間の確保のためのバルブの開閉パターンが制御され、後半の巻取温度制御ゾーンでは鋼板温度が目標巻取温度になるようにバルブの開閉パターンが制御される点において異なる。なお、材料速度によって水冷バンク長および空冷バンク長が時々刻々と変化する結果、各ゾーンの境界が変化するが、その変化幅を当初より見込み、かつ後半の巻取温度制御ゾーンの長さを巻取温度が調整できるだけの水冷部分を残すように、温度履歴制御ゾーンの目標水冷時間と目標空冷時間および組合せパターンが決定される。

【0025】次に、図1に示される簡単な具体例に沿って、実際の制御方法について説明する。ここでは、簡単のため温度履歴制御ゾーンを第1水冷および第1空冷のパターンとし、巻取温度制御ゾーンを第2水冷および第2空冷のパターンに分けた場合について説明する。

【0026】図1において、鋼帯1は仕上圧延機2を出た後、ランアウトテーブルを抜けて巻取機3に巻き取られる。ランアウトテーブルに沿って水冷バンク4、4…が設けられており、水冷バンク4、4群の入側には仕上温度計5および厚み計6が、その出側には巻取温度計7がそれぞれ設けられている。

【0027】ランアウトテーブル上に、同間隔で配置された複数の水冷バンク4、4…の番号をいま仕上圧延機2に近い方から、 $j = 1, 2, \dots, N$ とする。

【0028】鋼板先端部が仕上出口温度計5位置に到達する同時に鋼帯のサンプリングが開始される。サンプリングは、水冷バンク4、4…の間隔 ΔL だけ進む毎に行

われる。従って、前記各サンプリング点は、起動毎に1水冷バンクずつ進むことにある。

【0029】前記サンプリング点に発生した順に番号を割り付けるとし、現時点の起動タイミングで生成されたサンプリング点の番号を $i = k$ とすると巻取温度計7位置でのサンプリング点番号は $i = k - N - 1$ となる。

【0030】いまサンプリング点 i の生成時刻を $t_{f,i}$ とし、目標第1水冷時間を τ_w^* 、目標第1空冷時間を τ_a^* とすると、各サンプリング点 i の目標第1水冷終了時刻 $t_{w,i}^*$ と目標第1空冷終了時刻 $t_{a,i}^*$ は下式となる。

$$t_{w,i}^* = t_{f,i} + \tau_w^*$$

$$t_{a,i}^* = t_{f,i} + \tau_w^* + \tau_a^*$$

一方、仕上圧延機2のロール回転数あるいは巻取機マンドレルの回転数の測定に基づく予測材料速度から計算したサンプリング点 i の水冷バンク j の予測到達時刻は $[t]_{i,j}$ とする。

【0031】サンプリング点 i について目標温度履歴・目標巻取温度を実現する水冷バンクのオン・オフパターンを $Z_{i,j}$ ($j = 1, 2, \dots, N$) で表し、 j 水冷バンクがオンの時は $Z_{i,j} = 1$ 、オフの時 $Z_{i,j} = 0$ として表現すると、制御パターンは、 $[t]_{i,j} \leq t_{w,i}^*$ の時は第1水冷による冷却時間内にあるため $Z_{i,j} = 1$ として、すなわちバルブを開として水冷を行う。

【0032】その後、 $t_{w,i}^* \leq [t]_{i,j} \leq t_{a,i}^*$ 、つまり目標第1水冷終了時刻 $t_{w,i}^*$ を超え、目標第1空冷終了時刻 $t_{a,i}^*$ 以内であるときは第1空冷時間内にあるため、 $Z_{i,j} = 0$ 、すなわちバルブを閉として空冷が行われる。

【0033】以上のような制御パターンにより目標とする所定時間の水冷と空冷が行われたならば、 $[t]_{i,j} > t_{a,i}^*$ の範囲、すなわち冷却帯の後半の巻取温度制御ゾーンにおいては、鋼板温度を巻取温度とするべく、以下のように制御される。

【0034】 $[t]_{i,j} > t_{a,i}^*$ の範囲にある水冷バンクの番号を $j = M, M+1, \dots, N$ とする。いま仕上出口温度を初期値として、実績または予測材料速度および板厚を用いて計算したサンプリング点 i の予測巻取温度を $[T]_{c,i}$ と表すこととする。

【0035】そこで先ず、 $j = 1, 2, \dots, M-1$ の水冷バンクまでは先の $Z_{i,j} = 1$ or 0 なるオン・オフパターンによって冷却されるものとして温度降下量を算出する。この温度降下量 ΔT は、その板厚が薄いので、板圧方向の厚み分布を無視すると、次式で表される。

$$[\Delta T] = T_0 - T(\tau)$$

$$T(\tau) = \exp \left[- (2\alpha / \rho c h) \tau \right] \cdot T_0$$

ここで、 ρ ; 密度 (kg/m^3)、 c ; 比熱 ($\text{Kcal/kg}^\circ\text{C}$)、 h ; 板厚 (m)、 α ; 熱伝達率 ($\text{kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$)、 τ ; 経過時間 (hr)、 T_0 ; 初期温度 ($^\circ\text{C}$)、 $T(\tau)$; τ 時間後の温度 ($^\circ\text{C}$) である。なお、前記 α (熱伝達率) として

は水冷時の熱伝達率 α_w と空冷時の熱伝達率 α_a とがある。

【0037】そして巻取温度制御ゾーンにおけるバンク $j = M, M+1, \dots, N$ 間におけるバルブオン・オフ制御は以下のようにして行われる。

【0038】先ず計算機8内で、最初にバンク $j = M, M+1, \dots, N$ の全てについて、バルブオフ (空冷状態) として予測巻取温度 $[T]_{c,i}$ を計算し、次いで同じ条件の下で $j = M$ から1つずつ水冷バンクを増やしながら、それぞれのケースについて伝熱計算により予測巻取温度 $[T]_{c,i}$ を算出する。このようにして前記予測巻取温度 $[T]_{c,i}$ が目標巻取温度 T_c^* の近傍に至るまで計算を行い、水冷とするバンク数を決定し、それ以降のバンクについては空冷とする。

【0039】このようにして巻取温度制御ゾーンにおけるバンク $j = M, M+1, \dots, N$ のオン・オフパターン $Z_{i,j}$ が決定される。以上の冷却制御方法に従った鋼板の冷却過程をグラフに示せば、図4のようになる。

【0040】ところで、起動タイミングについて考えると、このランアウトテーブル上のバンク $j = 1, 2, \dots, N$ に存在するサンプリング点 i はそれぞれ $i = k-1, k-2, \dots, k-N$ である。そしてこの k において、上記すべてのサンプリング点について目標を実現できるバンクオン・オフパターンは、 $Y_{k,j} = Z_{k-1,j}$ ($j = 1, 2, \dots, N$) であり、これを実現するためには冷却装置の応答遅れ時間 τ_d を考慮して $Y_{k,j}$ の指令出力を行えばよい。

【0041】サンプリング点 k の予測生成時刻を $[t]_{f,k}$ とすると時刻 $[t]_{f,k} - \tau_d$ において $Y_{k,j}$ の指令出力を行う。

【0042】以上の処理を各起動タイミング毎に行うことによって全長に渡り目標の冷却履歴および目標の巻取温度を実現することができる。

【0043】〔実施例〕以下さらに具体的に実施例について説明する。図1は、本発明の実施装置の一例である。仕上圧延機2の出側に仕上出口温度計5および厚み計6が配置されるとともに、巻取機3の手前に巻取温度計7が配置され、仕上出口温度、板厚、巻取温度の時々刻々の測定値が計算機8に送られる。また通板速度は仕上圧延機2のワークロール回転数あるいは巻取機マンドレルの回転数が測定されて計算機8に送られる。

【0044】このような設備において、板厚、材料速度、仕上出口温度および巻取温度等の時々刻々の実測値を計算機5に入力する。以上の構成に基づき、次のような手順で各バンクからの注水量およびオン／オフ指令を出力する。前記計算機8においては、仕上出側で材料温度を一定の時間または距離間隔でサンプリング測定し、このサンプリング点が巻取温度計7に達するまでサンプリング点をトラッキングする。水冷バンク4におけるバルブ開閉制御は、先ず温度履歴制御ゾーンにおいては、前記実測材料速度により材料予測速度が与えられ、予め

設定された目標水冷時間および目標空冷時間の所定の冷却時間がそれぞれ確保されるように各水冷バンクのバルブのオン・オフパターンが決定される。また巻取温度制御ゾーンにおいて目標巻取温度となるような各水冷バンクの開閉パターンが計算により決定される。

【0045】以上のような演算処理によって、冷却帯におけるバルブ開閉パターンが決定されたならば、各サンプリング点 i の経過時間をトラッキングしながら、目標第1水冷終了時刻、目標第2空冷終了時刻、目標第2水冷終了時刻、目標第2空冷終了時刻との比較の下、実際に各水冷バンク4のバルブが制御される。前記バルブの開閉指令は応答遅れを考慮して適当なタイミングで指令出力がなされる。

【0046】たとえば、材料速度が通板速度の場合には、図2に示されるような水冷・空冷パターンにより冷却され、最高速度の場合には図3に示されるような水冷・空冷パターンにより冷却される。このように、温度履歴制御ゾーンにおいて、材料速度の変化に影響されことなく $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態完了までの温度履歴を一定に保つために、所定の水冷時間および空冷時間が確保される結果、

第1水冷および第1空冷区間長が刻々と変化し、巻取温度制御ゾーンにおいては、仕上出口温度変化に影響されことなく所定の巻取温度とするために第2水冷と第2空冷区間長が刻々と変化することとなる。

【0047】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、機械的特性を決定する $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態までの温度履歴を一定とし、かつ巻取温度を一定とし得るため、所望のかつ均一な機械特性をもった鋼板を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明法の一例を示す模式図である。

【図2】通常速度における水冷バンクの模式図である。

【図3】最高速度における水冷バンクの模式図である。

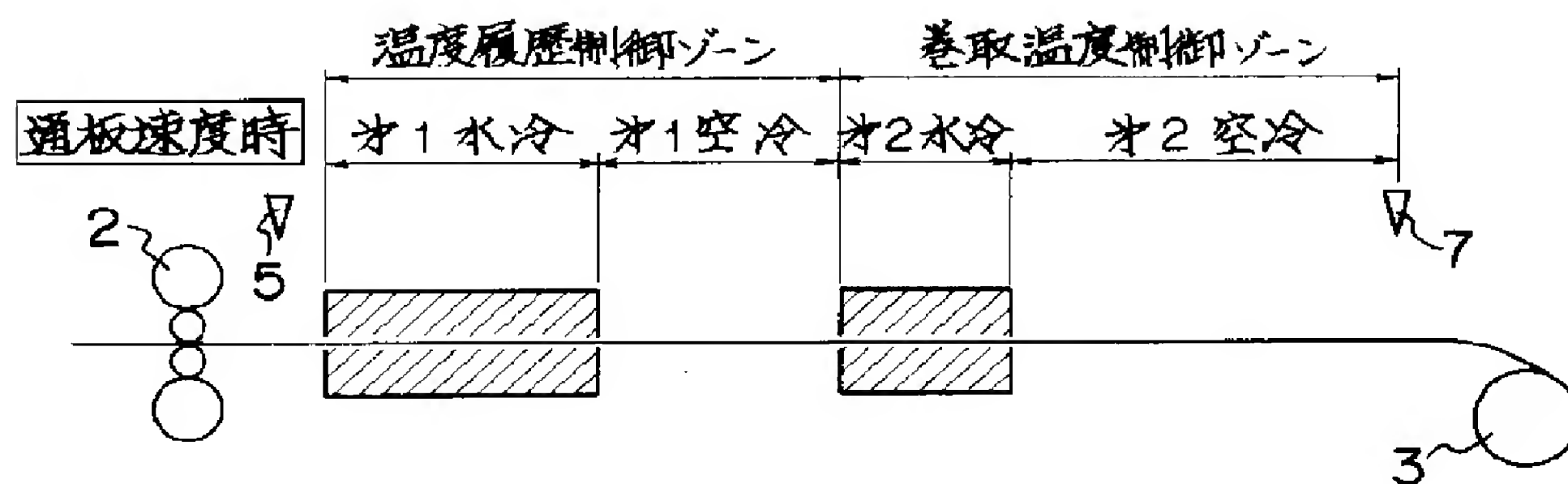
【図4】鋼板の冷却過程の説明図である。

【図5】鋼板の冷却と変態との関係図である。

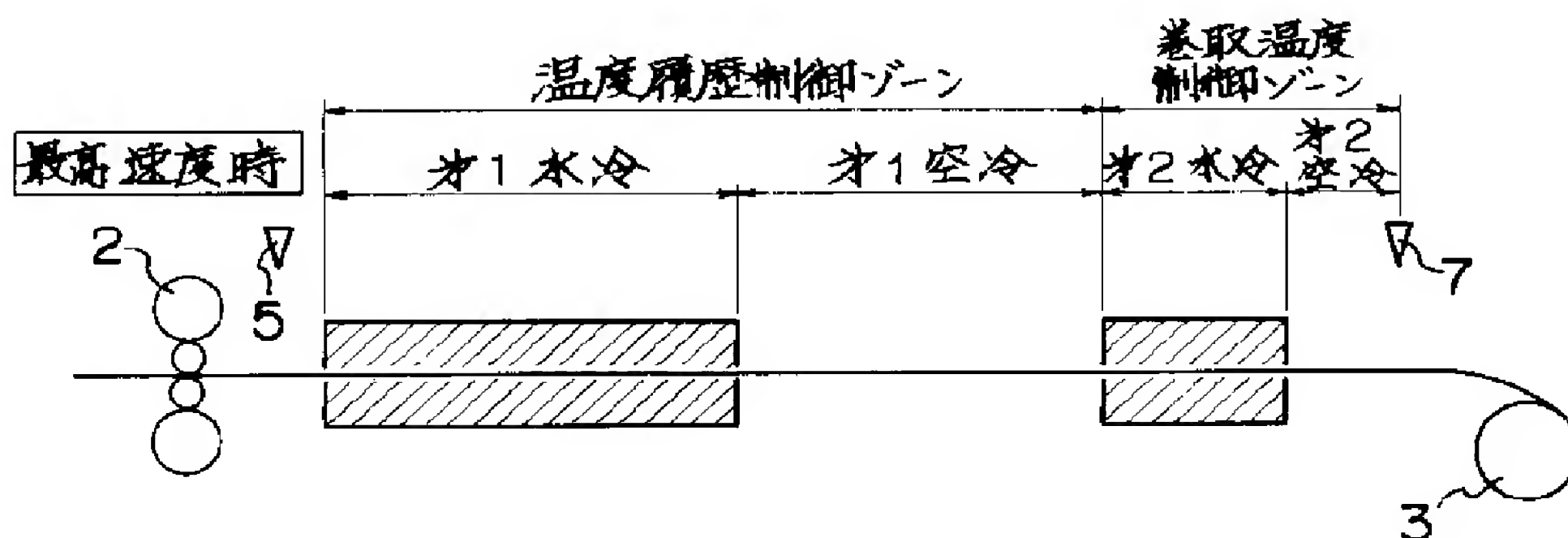
【符号の説明】

1…鋼板、2…仕上圧延機、3…巻取機、4…水冷バンク、5…仕上出口温度計、6…厚み計、7…巻取温度計、8…計算機

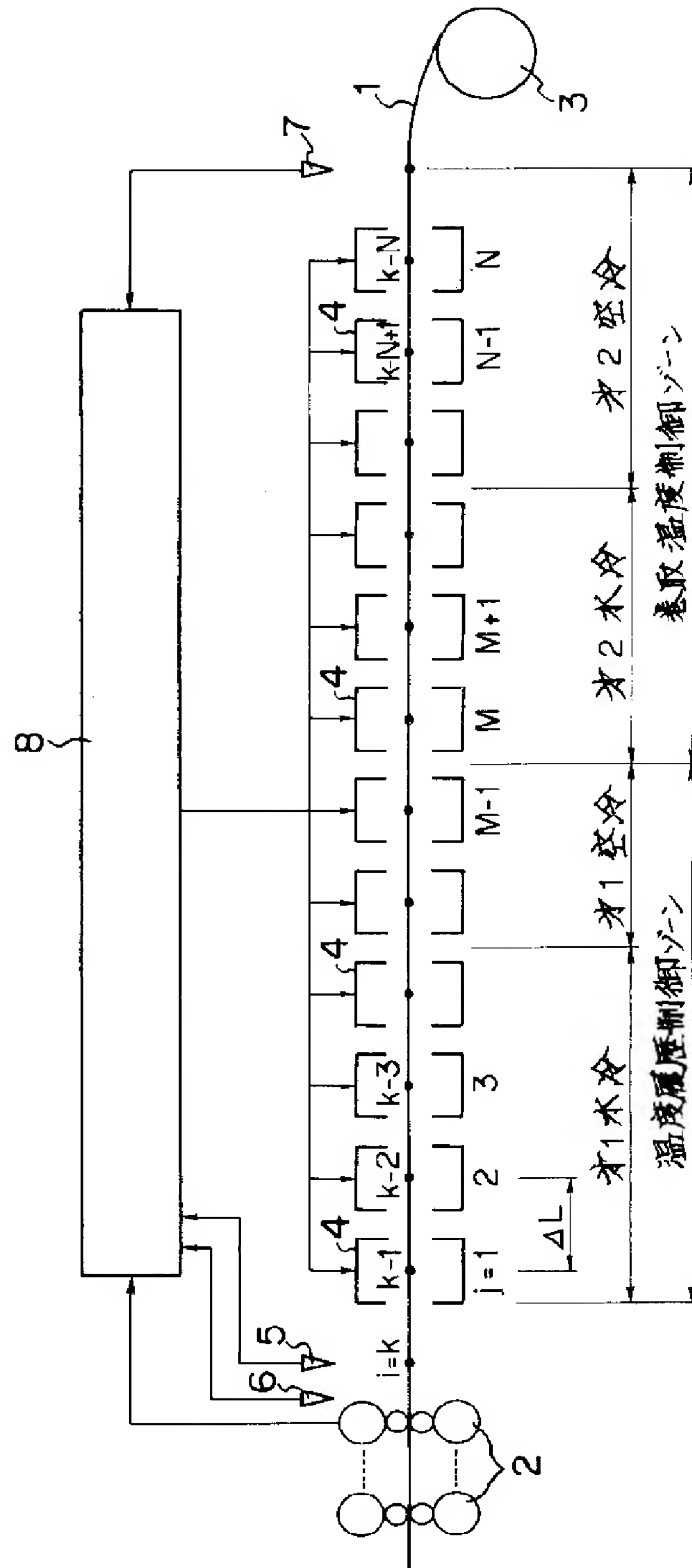
【図2】



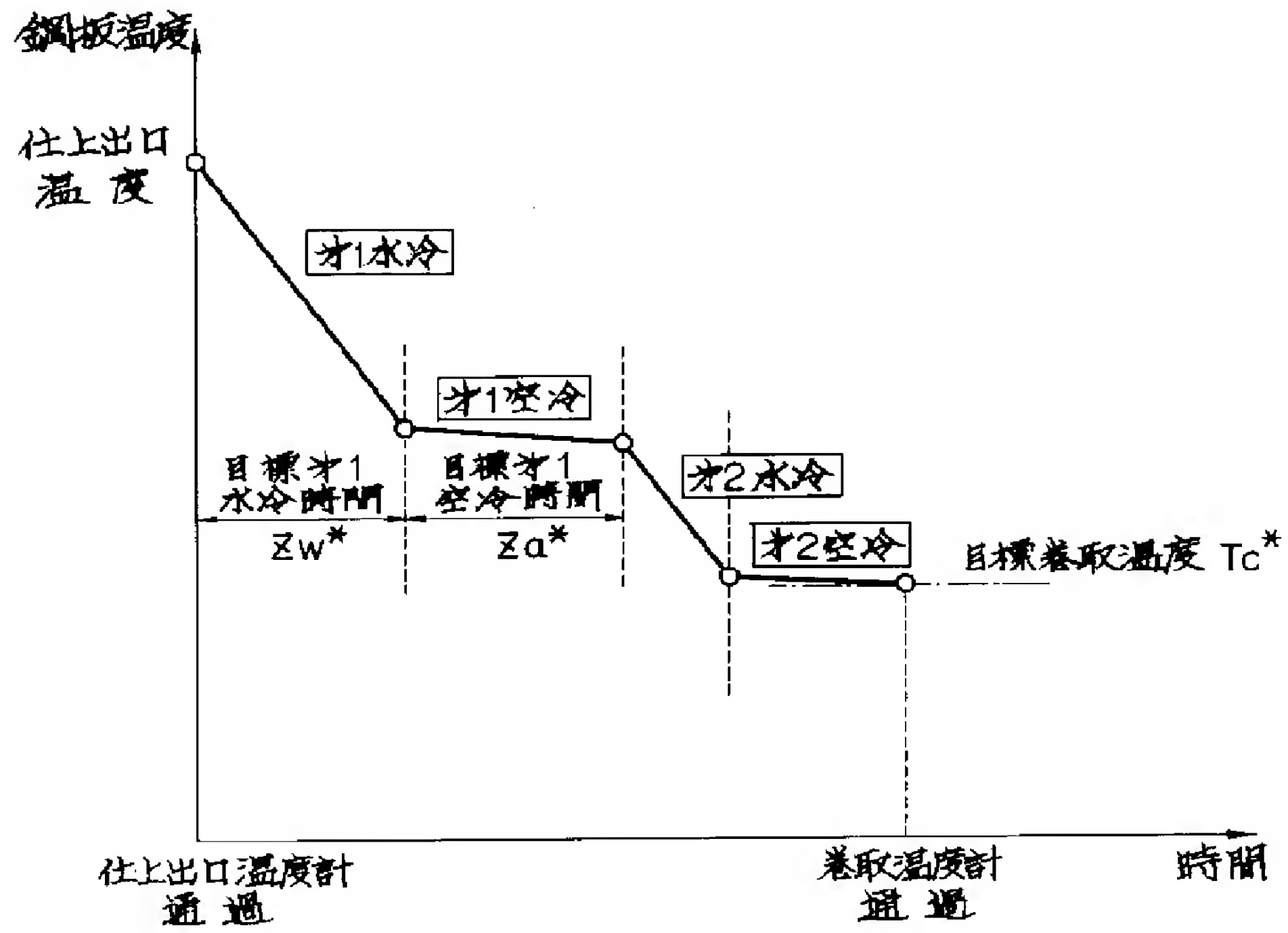
【図3】



【図1】



【図4】



【図5】

